

University of Groningen

## SPECT and PET in Sympathetic Innervation

Noordzij, Walter

**IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.**

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

2015

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Noordzij, W. (2015). *SPECT and PET in Sympathetic Innervation*. [S.n.].

### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

*Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.*

# CHAPTER 9.1

**Dutch summary / Nederlandse  
samenvatting**

---

## NUCLEAIRE GENEESKUNDE

Nucleaire Geneeskunde is een zich snel ontwikkelend veld, dat zich richt op het gebruik van radioactiviteit voor het afbeelden van lichaamsprocessen (scintigrafie) en in mindere mate het behandelen van ziekten. Deze toepassingen onderscheiden Nucleaire Geneeskunde van Radiologie, een vakgebied dat zich voornamelijk richt op anatomische informatie.

Binnen de Nucleaire Geneeskunde worden voor deze toepassingen verschillende radiofarmaca (tracers) gebruikt. Radiofarmaca verschillen van elkaar op basis van farmacokinetiek en kunnen worden ingezet om het functioneren van een specifiek orgaan(systeem) te visualiseren, bijvoorbeeld doorbloeding (perfusie), metabolisme of een specifiek 'target' in of op een cel zoals receptordichtheid, enzymactiviteit en DNA amplificatie. Radiofarmaca worden intraveneus toegediend, waardoor de patiënt de bron van de radioactiviteit wordt. Gammacamera's (SPECT systemen) en positron emissie tomografie / 'computed' tomografie (PET/CT) camera's kunnen worden ingezet om de verdeling van de radioactiviteit in het lichaam af te beelden. SPECT (al dan niet gecombineerd met CT) en PET/CT systemen verschillen van elkaar voor wat betreft opstelling, detectie van het energieniveau van gammastraling en de verwerking van de informatie (reconstructie en processing). Vrij recentelijk zijn nieuwe hybride systemen ontwikkeld waarin PET met magnetische resonantie (MRI) zijn gecombineerd. De klinische toepasbaarheid van een dergelijk PET/MRI systeem wordt thans onderzocht.

De toepassing van nucleair geneeskundige technieken binnen Cardiologie kent een lange geschiedenis. Vooral myocardperfusie (met PET of gammacamera's) en radionuclide ventriculografie staan bekend om de klinische consequenties van de uitkomst ervan. Het afbeelden van de zenuwvoorziening van de hartspier (cardiale sympathische innervatie) is een nieuw interessegebied binnen de nucleaire Cardiologie.

---

## CARDIALE SYMPATHISCHE INNERVATIE

Het autonome zenuwstelsel regelt zelfstandig lichaamsprocessen die onbewust plaatsvindend. Dit stelsel wordt onderverdeeld in drie subsystemen: het enterisch zenuwstelsel (voor het spijsverteringsstelsel), het parasympathisch en het sympathisch zenuwstelsel. Het deel van het sympathisch zenuwstelsel dat de zenuwvoorziening van het hart verzorgt begint in het verlengde merg. Dit ontvangt informatie van verschillende soorten receptoren langs de grote vaten in het lichaam, maar communiceert ook met de hypothalamus. Vanuit het verlengde merg verlopen zenuwen naar het ruggenmerg. De zenuwen voor cardiale sympathische innervatie ontstaan in het ruggenmerg op het niveau van thoracale wervel 1 tot en met 4 en verlopen tot paravertebrale ganglia (schakelstations). Vanaf deze ganglia verlopen de sympathische zenuwvezels tot in de spier van de hartkamers (myocardium) en het geleidingssysteem van het hart.

Noradrenaline is de meest belangrijke neurotransmitter voor de overdracht van post-gangliale zenuwvezels en het myocardium. Het wordt opgeslagen in blaasjes (vesikels) in het zenuwuiteinde en wordt in de synapsspleet uitgescheiden door stimulatie van de sympathische vezels. Het effect van noradrenaline in de synapsspleet is activering van 'adrenoreceptoren' op de myocardcel. Verhoogde sympathische activiteit zorgt voor sterkere slagkracht (positief inotrop effect), snellere pulsgeleiding binnen het hart (positief dromotrop effect) en hogere hartslag (positief chronotrop effect).

Langdurig te hoge sympathische activering leidt tot een toename van noradrenaline in de synapsspleet en daarmee tot een vermindering in de dichtheid van receptoren op de myocardcel. Uiteindelijk resulteert een langdurig verhoogde sympathische activiteit in verminderde cardiale sympathische innervatie (denervatie). Een gevolg hiervan is een vermindering in slagkracht van het hart en uiteindelijk hartfalen. Overige mogelijke gevolgen zijn kamerritmestoornissen en plotse hartdood.

---

## DIT PROEFSCHRIFT

Dit proefschrift geeft meer inzicht in de aanwezigheid van denervatie in verschillende groepen patiënten, de uitkomst van patiënten met denervatie en de waarde van SPECT en PET bij het voorspellen van die uitkomst. Cardiale amyloidose is geassocieerd met denervatie en behoort daarmee tot één van de indicaties voor het afbeelden van cardiale sympathische innervatie abnormaliteiten. Amyloidosis, in algemene zin, wordt veroorzaakt door abnormale neerslag (deposities) van verkeerd gevouwen eiwitten in organen en weefsel verspreid door het gehele lichaam. Cardiale betrokkenheid is zeldzaam en leidt tot een vorm van 'restrictieve cardiomyopathie'; voornamelijk rechtzijdig hartfalen met verminderde vulling van de ventrikels, hetgeen resulteert in vergroting van de lever, ascites en oedeem. Echocardiografie is het onderzoek dat bij voorkeur als eerste wordt uitgevoerd om betrokkenheid van het hart aan te tonen. Echter, de typische presentatie – focale of gegeneraliseerde echolucentie ('sparkling') en verdikking van het interatriale septum of de wanden van de linker hartkamer – zijn voornamelijk in een laat stadium van de ziekte aanwezig. Het afbeelden van cardiale sympathische innervatie bij patiënten met cardiale amyloidose is van belang omdat de amyloiddeposities ook langs de sympathische zenuwen kunnen voorkomen, en daarmee de elektrische geleiding kunnen verstoren.

**Hoofdstuk 2** onderzoekt het gebruik van jodium-123 gelabeld meta-iodobenzylguanidine ( $[^{123}\text{I}]$ -MIBG) in drie groepen patiënten met systemische amyloidose: AL, ATTR en AA type amyloidose. Cardiale sympathische innervatie van het gehele cohort patiënten is gestoord in vergelijking met gezonde controles. Bij die patiënten met amyloidose en typische kenmerken van de ziekte bij echocardiografie is er sprake van een meer uitgesproken afwijkende cardiale sympathische innervatie. In deze studie demonstreren wij dat  $[^{123}\text{I}]$ -MIBG scintigrafie bij patiënten met ATTR type amyloidose cardiale betrokkenheid kan aantonen voordat de typische kenmerken van de ziekte op echocardiografie aanwezig zijn.

In **hoofdstuk 3** wordt de klinische toepassing van verschillende nucleair geneeskundige technieken bij patiënten met ATTR type amyloidose beschreven. Naast  $[^{123}\text{I}]$ -MIBG scintigrafie kan skeletscintigrafie ook worden gebruikt voor het aantonen van cardiale betrokkenheid van ATTR type amyloidose. Stapeling van bottracers in de hartspeer kan ook cardiale betrokkenheid aantonen voordat typische kenmerken met echocardiografie kunnen worden gevonden. Derhalve bieden de verschillende nucleair geneeskundige technieken meer inzicht in de uitgebreidheid en consequenties van cardiale amyloidose in deze groep patiënten.

Chronische nierinsufficiëntie (CNI) is een andere indicatie waarvoor het afbeelden van cardiale sympathische innervatie van belang kan zijn. CNI kan een resultaat zijn van verschillende onderliggende mechanismen, bijvoorbeeld diabetes mellitus, hoge bloeddruk en slagaderverkalking. Voornamelijk patiënten met eindstadium nierfalen en patiënten die nierfunctievervangende therapie ondergaan (hemodialyse) lopen een verhoogd risico op het optreden van 'cardiovasculair

---

lijden,' zoals doorbloedingsstoornissen van de hartspier (ischemie), een hartinfarct, kamerritmestoornissen en plotse hartdood. De traditionele risicofactoren voor het optreden van deze 'events' verklaren niet geheel de hoge prevalentie ervan. Autonome dysfunctie wordt beschouwd als een nieuwe onafhankelijke risicofactor voor het optreden van cardiovasculair lijden. Uremie wordt ook verondersteld bij te dragen aan een toename in algehele sympathische activiteit en daarmee een verminderde cardiale sympathische innervatie.

**Hoofdstuk 4** richt zich op het gebruik van [<sup>123</sup>I]-MIBG scintigrafie voor het aantonen van denervatie bij patiënten met eindstadium nierinsufficiëntie die op het punt staan de overstap te maken van de predialyse fase naar permanente hemodialyse. Bij deze patiënten is de cardiale sympathische innervatie al gestoord voorafgaand aan de start van de hemodialyse en verergert niet tijdens de eerste maanden na de start van de dialyse. Echter, de aanwezigheid van gestoorde cardiale sympathische innervatie lijkt vooraf te gaan aan het optreden van doorbloedingsstoornissen van de hartspier. Dit gegeven kan de veronderstelling ondersteunen dat de hartspiercel (cardiomyocyt) gevoeliger is voor innervatieveranderingen dan voor doorbloedingsstoornissen.

Een derde groep waarbij het afbeelden van cardiale sympathische innervatie van belang kan zijn, is patiënten met (niet-)ischemisch hartfalen. Zowel bij ischemisch als niet-ischemisch hartfalen kunnen cardiomyocyten zich niet goed aanpassen aan de schade die ze hebben ondervonden. Dit leidt tot 'pathologische remodelering,' hetgeen bestaat uit uitzetting (dilatatie) en verminderde samentrekking (contractiliteit). Één van de mechanismen die leidt tot verergering van het hartfalen is activering van het sympathische zenuwstelsel. Dit kan al optreden in een vroeg stadium van het hartfalen. Continue stimulering van het sympathisch zenuwstelsel leidt bijvoorbeeld tot elektrische instabiliteit van de hartspier, en daarmee tot een verhoogd risico op het optreden van kamerritmestoornissen.

**Hoofdstuk 5** behandelt het gebruik van koolstof-11 gelabeld meta-hydroxy-ephedrine ([<sup>11</sup>C]-mHED) bij patiënten met ischemische cardiomyopathie, die profylactisch worden behandeld met interne defibrillator (ICD). Deze studie onderzoekt de rol van cardiale sympathische innervatie bij patiënten met een laag en patiënten met een hoog risico op kamerritmestoornissen. Zoals verwacht resulteert het eerder hebben doorgemaakt van kamerritmestoornissen tot het vaker voorkomen van deze ritmestoornissen tijdens het volgen van de patiënten. Voorts zijn grotere gebieden met denervatie geassocieerd met het eerder optreden van de dood.

**Hoofdstuk 6** onderzoekt het gebruik van [<sup>11</sup>C]-mHED bij patiënten met niet-ischemische cardiomyopathie die worden behandeld met cardiale resynchronisatie therapie (CRT). Wij hebben geen verschil kunnen aantonen in gemiddelde [<sup>11</sup>C]-mHED retentie als uiting van gestoorde cardiale sympathische innervatie tussen de uitgangssituatie vooraf aan de plaatsing van CRT en zes maanden na de start ervan. Het uitblijven van een verbetering van de cardiale sympathische innervatie is deels in lijn met bevindingen uit eerder onderzoek. Echter, patiënten die tijdens de

---

behandeling met CRT een toename van het volume van uitdrijving (ejectiefractie) van de linkerhartkamer laten zien, vertoonden wel een verbetering van presynaptische cardiale sympathische innervatie. Dit kan de veronderstelling dat CRT niet alleen de postsynaptische  $\beta$ -receptordichtheid herstelt, maar ook de presynaptische noradrenaline retentie verbetert, verder ondersteunen.

Ten slotte zijn patiënten met neuroendocriene tumoren onderzocht. Deze tumoren produceren serotonine, en in minder mate ook catecholamines. In het geval van uitgezaaide ziekte, voornamelijk naar de lever, komt er veel serotonine in de bloedbaan terecht. Als gevolg van de circulerende serotonine kunnen deze patiënten last krijgen van een 'carcinoid syndroom,' bestaand uit opvliegers, diarree en – bij lang bestaande ziekte – carcinoid hartziekte. Echocardiografie is de techniek van voorkeur voor het in kaart brengen van carcinoid hartziekte. Typische kenmerken zijn verdikking van de hartkleppen aan de rechter kant van het hart, en dus tricuspidaal klepsufficiëntie en pulmonaal klepstenose. Bovendien melden sommige casusbeschrijvingen in de medische literatuur dat cardiale metastasen van neuroendocriene tumoren kunnen worden beschouwd als uiting van carcinoid hartziekte.

In **hoofdstuk 7** wordt de waarde van L-3,4-dihydroxy-6-[ $^{18}\text{F}$ ]fluorophenylalanine ([ $^{18}\text{F}$ ]-FDOPA) voor het aantonen van cardiale metastasen en de relatie van deze metastasen tot de aanwezigheid van typische kenmerken van carcinoid hartziekte op echocardiografie onderzocht. Cardiale metastasen, gedetecteerd met [ $^{18}\text{F}$ ]-FDOPA, komen vaker voor dan tot dusver werd aangenomen. Er kon geen relatie worden aangetoond tussen de aanwezigheid van deze metastasen en het ontwikkelen van hartritmestoornissen of typische kenmerken van carcinoid hartziekte op echocardiografie. Dit ondersteunt het idee dat carcinoid hartziekte en cardiale metastasen van neuroendocriene tumoren twee verschillende uitingen van dezelfde ziekte zijn.

# CHAPTER 9.2

## List of publications



---

## PEER REVIEWED JOURNALS

1. **Noordzij W**, Glaudemans AW, Longhi S, Slart RH, Lorenzini M, Hazenberg BP, Rapezzi C. Nuclear imaging for cardiac amyloidosis. *Heart Fail Rev*. 2014 in press
2. Juárez-Orozco LE, Szymanski MK, Hillege HL, Kruizinga S, **Noordzij W**, Koole M, Tio RA, Alexanderson E, Dierckx RA, Slart RH. Imaging of cardiac and renal perfusion in a rat model with  $^{13}\text{N-NH}_3$  micro-PET. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2014 in press
3. **Noordzij W**, Glaudemans AW, Slart RH, Hazenberg BP. Cardiac diphosphonate uptake. *Heart*. 2014;100:1192, 1217.
4. van Rheenen RW, Glaudemans AW, LA Plasschaert S, **Noordzij W**, Slart RH. Cushingoid facies on (18)F-FDG PET/CT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2014;41:1460.
5. **Noordzij W**, Glaudemans AW, van Rheenen RW, Dierckx RA, Slart RH, Hazenberg BP. Additional diagnostic value of SPECT/CT to planar Iodine-123 labeled serum amyloid P component scintigraphy in a patient with pulmonary nodular amyloidosis. *Amyloid*. 2014;21:131-3.
6. Kolderman SE, **Noordzij W**, van Dijk JM, Luijckx GJ. Nuclear imaging in proliferative angiopathy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2014;41:810.
7. Glaudemans AW, van Rheenen RW, van den Berg MP, **Noordzij W**, Koole M, Blokzijl H, Dierckx RA, Slart RH, Hazenberg BP. Bone scintigraphy with (99m) technetium-hydroxymethylene diphosphonate allows early diagnosis of cardiac involvement in patients with transthyretin-derived systemic amyloidosis. *Amyloid*. 2014;21:35-44.
8. **Noordzij W**, van Beek AP, Tio RA, van der Horst-Schrivers AN, de Vries EG, van Ginkel B, Walenkamp AM, Glaudemans AW, Slart RH, Dierckx RA. Myocardial metastases on 6-[ $^{18}\text{F}$ ] fluoro-L-DOPA PET/CT: a retrospective analysis of 116 serotonin producing neuroendocrine tumour patients. *PLoS One*. 2014;9:e112278.
9. Glaudemans AW, Slart RH, **Noordzij W**, Dierckx RA, Hazenberg BP. Utility of 18F-FDG PET/(CT) in patients with systemic and localized amyloidosis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2013;40:1095-101.
10. **Noordzij W**, Glaudemans AW, Dierckx RA, Slart RH, Boerboom AL, Hazenberg BP. Fluorine-18 labeled fluorodeoxyglucose PET useful for therapy monitoring in localized AL amyloidosis? *Amyloid*. 2013;20:135-7.
11. **Noordzij W**, Slart RH, Zeebregts CJ, Glaudemans AW. Gastrocolocutaneous fistula detected by [ $^{18}\text{F}$ ]fluorodeoxyglucose positron emission tomography with low-dose computed tomography: a rare iatrogenic complication of colonoscopy. *Endoscopy*. 2013;45 Suppl 2 UCTN:E67-8.
12. **Noordzij W**, Glaudemans AW, Slart RH, Dierckx RA, Hazenberg BP. Clinical use of differential nuclear medicine modalities in patients with ATTR amyloidosis. *Amyloid*. 2012;19:208-11.

- 
13. **Noordzij W**, Glaudemans AW, van Rheenen RW, Hazenberg BP, Tio RA, Dierckx RA, Slart RH. (123)I-Labelled metaiodobenzylguanidine for the evaluation of cardiac sympathetic denervation in early stage amyloidosis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2012;39:1609-17.
  14. **Noordzij W**, Weernink EE, van Imhoff GW, Kluin PM, de Haan LD. Benign histiocytosis: Rosai-Dorfman disease. *Ned Tijdschr Geneeskd*. 2011;155:A3176.

---

## BOOK CHAPTERS

1. **Noordzij W**, Glaudemans AWJM, Slart RHJA, Hazenberg BPC. Chapter: Imaging of the autonomic nervous system in cardiac amyloidosis. In: Slart RHJA, Elsinga PH, Tio RA, Schwaiger M, editors. Imaging the autonomic heart function with PET-CT and SPECT-CT. Springer Verlag, Heidelberg, Germany (in press).
2. **Noordzij W**, Glaudemans AWJM, de Jongste MJL, Klein HC, Slart RHJA. Chapter: Anxiety and Mental Stress as Causes of Myocardial Ischemia and Autonomic Dysfunction. In: Slart RHJA, Elsinga PH, Tio RA, Schwaiger M, editors. Imaging with SPECT and PET Imaging the autonomic heart function with PET-CT and SPECT-CT. Springer Verlag, Heidelberg, Germany (in press).
3. **Noordzij W**, Glaudemans AWJM. Chapter 3: Nuclear Medicine imaging techniques. In: Slart RHJA, Elsinga PH, Tio RA, Schwaiger M, editors. In: Glaudemans AWJM, Dierckx RAJO, Gielen J, Zwerver J. Nuclear Medicine and Radiologic Imaging Techniques in Sports Injuries. Springer Verlag, Heidelberg, Germany (in press).
4. **Noordzij W**, Glaudemans AWJM. Chapter 21: Nuclear Medicine imaging of elbow and forearm injuries. In: Glaudemans AWJM, Dierckx RAJO, Gielen J, Zwerver J. Nuclear Medicine and Radiologic Imaging Techniques in Sports Injuries. Springer Verlag, Heidelberg, Germany (in press).

# CHAPTER 9.3

## **Acknowledgments / Dankwoord**

---

Als ik een proefschrift van een collega open sla, ga ik altijd als eerste naar het 'dankwoord'. Inmiddels heb ik de nodige proefschriften en dankwoorden voorbij zien komen en heb ik een goede indruk van wie ik allemaal moet bedanken. Volgens mij heb ik iedereen van waarde in het volgende deel opgenomen, alleen kan ik niet uitsluiten dat ik alsnog iemand ben vergeten. Mijn oprechte en nederige excuses voor diegene die zich (helaas) aangesproken voelt.

Prof. dr. R.H.J.A. Slart

Beste Riemer, wat heb ik een geluk gehad met jou als promotor. Jij was degene die mij een paar databases overhandigde die al dan niet aangevuld hoefden te worden. Voor een aantal van de studies uit dit boekje was al veel voorwerk uitgevoerd in de jaren voordat ik op de afdeling kwam. Ik heb bewondering voor je parate kennis op zowel medisch als wetenschappelijk gebied. Als ik denk iets vernieuwends te hebben gevonden, weet jij de naam van de auteur die het al lang en breed heeft uitgezocht. Dank je voor je prettige begeleiding, sturing, positieve kritiek, motiverende woorden, koppen koffie en ga zo maar door.

Prof. dr. R.A.J.O. Dierckx, promotor en afdelingshoofd

Beste Rudi, de eerste email die ik ooit van je kreeg bevatte niet meer dan de volgende woorden: "Denk dat we hierin moeten voorzien." Het was jouw antwoord op mijn verzoek om op de afdeling Nucleaire Geneeskunde & Moleculaire Beeldvorming een 'oudste coschap' te volgen. Al snel stelde je voor dat ik toch eens goed moest nadenken over een carrière in dit veld. Het in eerste instantie afslaan van dit aanbod was destijds misschien wel de grootste vergissing in mijn leven. Gelukkig kwam dat vanaf januari 2010 helemaal goed. Hoewel je niet erg happig was op een promotietraject in de Cardiologie (want: 'Het gebied is niet groot genoeg voor Riemer en jou samen'), heb je je toch laten overhalen. Dank je voor je vertrouwen, de kansen en gelegenheden op de vlakken van de opleiding, promotie en 'nucleaire interventie'. Jij bezit de bijzondere eigenschap om met slechts een paar woorden mensen over een onontgonnen terrein te begeleiden. Na een gesprek met jou, zit ik weer vol met nieuwe ideeën over de toekomst van onze afdeling. Daarnaast verbaast het me soms hoe ver onze culturele opvattingen uit elkaar liggen: je kunt je niet voorstellen hoe teleurgesteld ik was toen je me vertelde dat jullie in Vlaanderen helemaal geen 'hefschroefvliegtuig' tegen 'helikopter' zeggen.

Dr. R.A. Tio

Beste René, dank voor het feit dat jij co-promotor wilde zijn. Ook jij hebt de nodige tijd en energie gestoken in het kritisch beoordelen van de stukken. Ondanks dat ik vind dat ik aardig cardiologisch onderlegd ben, is het altijd weer een 'eye-opener' om te zien hoe jij vanuit een precies tegenovergesteld uitgangspunt naar nucleaire hartscans kijkt. En je cynische houding ten aanzien van bepaalde aspecten van je eigen vakgebied, tovert altijd weer een glimlach op mijn gezicht.

---

Dr. A.W.J.M. Glaudemans

Beste Andor, bedankt dat je naast een directe stafcollega ook een goede vriend bent geworden. Jij hebt er ook zeker aan bijgedragen dat ik naar de NGMB ben teruggekeerd. Gelukkig kunnen onze vrouwen ook goed met elkaar overweg. Ik denk met plezier terug aan de etentjes in de ontelbare restaurants in de stad. Dat er nog maar veel mogen volgen!

Dr. B.P.C. Hazenberg

Beste Bouke, ik heb bewondering voor je parate kennis over alles wat met amyloidose te maken heeft, je nieuwe en originele onderzoeksideeën en je gedistingeerde houding. Ik zie op tegen de dag dat jij van je welverdiende pensioen mag gaan genieten.

Co-auteurs

Een speciale 'dank je wel' aan alle co-auteurs die niet elders in dit dankwoord zijn opgenomen. Voornamelijk Akin Ozyilmaz, dank je voor al je bloed, zweet en tranen die de inclusie van onze 'dialyse-studie' heeft gekost. Het heeft zeker niet aan jou gelegen dat we uiteindelijk met (maar) 18 patiënten zijn geëindigd. Verder uiteraard Esther Goet, Casper Franssen, André van Beek voor de DOPA database, Liesbeth de Vries, Annemiek Walenkamp, Anouk van der Horst-Schrijvers, Bram van Ginkel, Alexander Maass, Antoon Willemsen, Arif Elvan en Piet Jager. Dank jullie voor de tijd en energie die jullie hebben willen steken in de totstandkoming van dit proefschrift.

De leden van de beoordelingscommissie

Prof. dr. D.J. van Veldhuisen, prof. dr. J.L. Hillege en prof. dr. J.F. Verzijlbergen. Bedankt voor de bereidheid deel uit te maken van de beoordelingscommissie en uw ideeën en meningen over dit proefschrift met mij te delen.

Paranymfen: Ronald van Rheenen en Jelmer Toering.

Bedankt dat jullie mij wilden bijstaan op deze dag.

Ronald, ik heb nog nooit zo iemand als jij ontmoet. De kwajongen die in jou schuilt, steekt regelmatig de kop op en je hebt het je streken tot een ware kunst verheven. Je kunt je geen voorstelling maken van de serene rust die op de vrijdagen over mij heen komt. Bedankt voor alle minder-serieuze momenten tijdens de afgelopen jaren.

Jelmer, wat grappig dat we uiteindelijk allebei aan het andere uiteinde van hetzelfde spectrum terecht gekomen zijn. Gelukkig kunnen we het ook hebben over andere gezamenlijke interesses. ... dat er nog veel avonden met burgers en muziek mogen volgen!

---

Collega's:

Jan en Adrienne, jullie bijdrage aan dit proefschrift is niet zo groot. Desondanks toch bedankt, zeker voor de manier waarop ik 'in jullie midden' kon blijven na het afronden van de opleiding. Ook alle andere staf: Hendrikus, Marjolijn, Michel Koole, Anne, Aren, Antoon, Erik, Fons, Janine, Johan de Jong en Philip) voor de prettige samenwerking. Verder alle aios zoals ik die tijdens 'mijn tijd' heb meegemaakt: Niels, Silvia, Klaas Pieter, Leo, Elise, Brian, Gilles, Eef en Sharon.

Zonder de laboranten was er geen enkele studiepatiënt gescand. Wij artsen kunnen vrij weinig zonder jullie: Paul (jij als eerste omdat je zoveel DOPA PET scans hebt gereconstrueerd en mij door de krochten van de MNW-schijf loodste), Hans ter Veen, Sienieke, José, Aafke, Leonie, Karin, Anja, Annemiek, Clara, Yvonne van der Eide, Yvonne van der Knaap, Remko, Eelco, Johan Wiegers, Marijke, Hedy, Dawn en Sven.

En de 'juice' natuurlijk: Michèl ('Smokey Salmon') de Vries, Hans Pol, Hugo, Marissa, Esther, Vanathee, Astrid, Chantal, Petra, Hilde, Bram Maas, Janet en Rianne. Een speciaal bedankje voor Gert: voor je geduld en inspanningen met mHED en het (laten) reinigen van de ammonia-leidingen.

Dan zou ik bijna nog Anniek, Jitze, Katrijn en Vera vergeten.

Een goede verstandhouding met de zorglogistieke dames en heren is een voorwaarde voor een prettige samenwerking. Dank aan Sarita, Arja, Rika, Erna, Klara, Sandra, Heidi, Manouk, Trijnie, Marga, Marjet, Robert en Leonard dat jullie aan deze voorwaarde willen voldoen.

Op naar een mooie toekomst op deze prachtige afdeling!

---

### Familie:

Lieve pa en ma, hartelijke dank voor jullie onaflatende steun gedurende al die jaren, in welke vorm dan ook. Dankzij die steun kon ik niet alleen beginnen aan Geneeskunde, maar ben ik ook gekomen tot waar ik nu ben. Ik heb heel blij dat jullie samen getuige kunnen zijn van deze mijlpaal, maar ook alle andere mooie momenten van de laatste jaren, vooral omdat jullie beide één ouder hebben moeten missen tijdens al jullie eigen 'major life events'. Jan en Mari, ook jullie bedankt voor jullie geduld, maar nog het meest voor Elsa.

Harold, broertje, hoe zal ik je eens bedanken voor alle momenten dat ik huilend van het lachen aan tafel heb gezeten? Nou, zo dus. Ook al lijken we niet zoveel op elkaar, is het een voorrecht om je broer te zijn. Johan, Bianca en Esmee, jullie zijn de beste schoonfamilie die ik mij kan indenken.

Liefste Elsa, die ontmoeting in de trein ergens in september 1999 was het begin van een gelukkig leven samen. Sindsdien hebben we veel mooie dingen, maar ook (gelukkig weinig) minder mooie dingen meegemaakt. Ik kan écht in mijn handen knijpen dat jij altijd aan mijn zijde hebt gestaan en dat je mij nooit uit het oog bent verloren. Je bent meer dan ik verdien. Je bent moediger dan ik, gewoon omdat je bij me bent.

Lieve Lotte en Marit, jullie liefde kostte niets om te krijgen, maar is onbetaalbaar nu ik die heb. Ondanks de tijd die ik in de totstandkoming van dit boekje heb gestoken, hoefde ik gelukkig niets te missen van jullie sprongetjes. Laat me alsjeblieft nog lang van jullie genieten, stelletje grappenmakers.



---

# CHAPTER 9.4

## Curriculum Vitae

---

Walter Noordzij werd op 2 september 1979 te Rotterdam geboren. Na het behalen van het diploma havo aan CSG Blaise Pascal (1996, Spijkenisse), diploma atheneum aan CSG Vincent van Gogh (1998, Assen) en diploma Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken aan de Hanzehogeschool (2002, Groningen), begon hij in 2002 aan de studie Geneeskunde aan de Universiteit Utrecht. In 2008 behaalde hij het artsexamen.

Na het artsexamen werkte Walter als arts-onderzoeker op de afdeling Cardiologie van het Universitair Medisch Centrum Groningen (UMCG, 2008-2009) en arts-assistent niet-in-opleiding op de afdeling Interne Geneeskunde van het Scheper Ziekenhuis te Emmen (2009). Hij volgde van 2010 tot en met 2013 de opleiding tot nucleair geneeskundige op de afdeling Nucleaire Geneeskunde en Moleculaire Beeldvorming (NGMB) van het UMCG, onder leiding van afdelingshoofd prof. dr. R.A.J.O. Dierckx en opleider prof. dr. J. Pruim. In 2013 behaalde hij een bekwaamheidsverklaring voor de verslaglegging van diagnostische CT scans.

Vanaf 1 januari 2014 is hij nucleair geneeskundige en stafid op de afdeling NGMB van het UMCG. Onder zijn aandachtsgebieden behoren cardiale sympathische innervatie (dit proefschrift), 'nucleaire interventie' en onderwijs.

In mei 2008 trouwde Walter met Elsa Drenth. Zij hebben twee kinderen: Lotte (2012) en Marit (2013).